

# **UM ESTUDO DE CASO PARA APOIO A DETECÇÃO DE CONFLITOS DE TRÁFEGO AÉREO EM ROTAS UTILIZANDO “DETECTAR”**

Aginaldo Volpe Lovato, MSc. Student  
Instituto Tecnológico de Aeronáutica  
[agnaldovl@yahoo.com.br](mailto:agnaldovl@yahoo.com.br)

Adilson Marques da Cunha, DSc.  
Instituto Tecnológico de Aeronáutica  
[cunha@comp.ita.br](mailto:cunha@comp.ita.br)

## **1. RESUMO**

Este artigo descreve o desenvolvimento de um Protótipo de Sistema de Software baseado na tecnologia de Ambientes Integrados de Engenharia de Software Ajudada por Computador (Integrated Computer Aided Software Engineering Environment – I-CASE-E).

O Protótipo foi desenvolvido como parte de um Estudo de Caso utilizado para o Apoio a Detecção de Conflitos de Tráfego Aéreo em Rotas, e baseado nos conceitos de Comunicação, Navegação e Vigilância para o Gerenciamento do Tráfego Aéreo (Communication, Navigation and Surveillance for Air Traffic Management – CNS/ATM).

Inicialmente, foram investigadas informações sobre o controle de tráfego aéreo existente, com o objetivo de identificar as principais necessidades do sistema CNS/ATM.

Depois, foi seguida uma metodologia de desenvolvimento baseada nas técnicas de programação Orientadas a Objetos da Rational, também conhecida como Processo Unificado da Rational (Rational Unified Process – RUP), composta pelas fases de Iniciação, Elaboração, Construção e Transição.

Os testes de verificação do Estudo de Caso na área de Conflitos de Tráfego Aéreo em Rotas foram realizados por meio do desenvolvimento de um Protótipo de Sistema de Software denominado DETECTAR, utilizando diferentes cenários para cada conflito identificado. (11)

Diversos modelos foram criados, a partir de requisitos previamente estabelecidos em reuniões com Controladores de Tráfego Aéreo, permitindo a análise, o projeto, a implementação e os testes de verificação das funcionalidades, em termos de conflitos específicos e de quantidade de aeronaves suportadas.

Ao final desta investigação, pôde-se comprovar as seguintes vantagens para os controladores: 1) Aumento de sua eficiência operacional com a utilização de simuladores para o Controle de Fluxo de Tráfego Aéreo em Rotas; 2) Antecipação da detecção de conflitos; 3) Aumento do tempo disponível para suas tomadas de decisão; e 4) Aumento da segurança dos vôos controlados.

## **2. PALAVRAS CHAVES**

Estudo de Caso; Engenharia de Software; Orientação a Objetos; RUP; UML; Ferramentas CASE; Simulação; Tráfego Aéreo; Detecção de Conflitos; e CNS/ATM.

## **3. INTRODUÇÃO**

A detecção antecipada de conflitos representa um importante fator para o controle de tráfego aéreo. Quanto mais tempo demorar o controlador de tráfego aéreo para detectar um possível conflito, mais difícil torna-se sua resolução, exigindo decisões, num curto espaço de tempo, que podem não ser suficientes, para que tal conflito seja eliminado.

Atualmente, o controle de tráfego aéreo possui sistemas que armazenam informações sobre vôos ocorridos. Por meio de análises, pode-se determinar a quantidade de aeronaves que se encontraram, ao mesmo tempo em vôo, os horários de pico dos fluxos de tráfego, bem como os principais aeroportos congestionados.

A detecção de conflitos ocorre, na maioria das vezes, durante os vôos. Os órgãos do Serviço de Tráfego Aéreo (Air Traffic Service – ATS) conseguem determinar a possibilidade de um conflito através de análises das ocorrências, em diferentes instantes de tempo de um cenário. Por exemplo, uma aeronave que se desloca, na mesma rota, sentido e nível, com uma velocidade de cruzeiro maior do que a da sua frente, em determinado ponto, poderá vir a colidir, caso não haja uma detecção e resolução deste conflito.

Através de análises de conflitos, torna-se possível que informações sejam apresentadas aos controladores e retransmitidas à aeronave, a fim de que pilotos fiquem atentos à ocorrência de conflitos, durante o período de vôo, alertando aos controladores quanto a medidas que possam ser tomadas.

É vantajoso utilizar um simulador para detectar conflitos pela sua flexibilidade e rapidez em relação ao tempo. Dados atuais sobre o posicionamento das aeronaves podem ser obtidos, gerando-se a simulação com dados de vôos futuros, possibilitando uma pré-análise do tráfego aéreo. Tudo isso, apoiado numa base de dados de aeronaves e vôos ativos, ou a serem ativados. (4)

Com essas informações, controladores podem antecipar decisões e realizar simulações constantes do tráfego para verificar se as medidas adotadas eliminaram o conflito. Assim, o controlador visualizará possíveis conflitos a ocorrer ou em andamento, além dos que já foram solucionados, possibilitando maior segurança de vôo e rapidez na tomada de decisões. (4)

Uma das vantagens dessa simulação é a sua realização com o posicionamento das aeronaves baseado no Sistema CNS/ATM, o qual provê a comunicação, navegação e vigilância através de dados de satélite, possibilitando a definição precisa do posicionamento, além da melhoria

nas transmissões de informações entre as aeronaves e os órgãos ATS. (1)

Futuramente, inclusões de possíveis rotas poderão ser implementadas e analisadas através de simulações de vôos existentes e em andamento, permitindo que vôos não existentes sejam inseridos na simulação de novas rotas, para que se analise a viabilidade das mesmas, ou seja, evitando-se conflitos com as rotas já existentes. (4)

Com a implantação do Sistema CNS/ATM, esse tipo de processo de determinação de novas rotas será muito útil. A criação ou não de uma nova rota, não visará o alcance da comunicação, que será realizada via satélite. A determinação de novas rotas visará a maneira como esta rota irá comportar-se, em relação às outras já existentes, e quais as vantagens que ela trará para a melhoria do fluxo. (1)

## **4. A ESTRUTURA PROPOSTA**

### **4.1. METODOLOGIA UTILIZADA**

Esta seção apresenta a seqüência de desenvolvimento do Protótipo de Sistema “DETECTAR”, baseado na metodologia RUP, na seguinte ordem: Fase de Iniciação, Fase de Elaboração, Fase de Construção e Fase de Transição.

Como toda metodologia de desenvolvimento, esta inicia-se com a obtenção de informações básicas sobre o sistema. Em seguida, elabora-se uma análise detalhada das informações, gerando-se diagramas que auxiliarão na compreensão do sistema. Após, continua-se com a fase de implementação, tomando-se por base os modelos desenvolvidos, e finalmente, a transição do sistema desenvolvido segue para o usuário final.(10, 6)

Na modelagem do Protótipo do “DETECTAR”, além da metodologia RUP, foram utilizadas as técnicas de Orientação a Objetos e de Modelagem de Banco de Dados, apoiadas, respectivamente, na Ferramenta CASE Rational Rose da Rational, e na Ferramenta de Desenvolvimento Rápido de Aplicações (Rapid Application Development - RAD) ERWin da PLATINUM Technology.(8)

#### **4.1.1. Síntese da Fase de Iniciação**

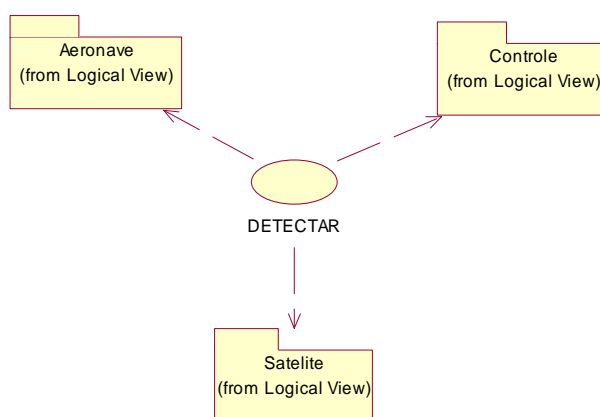
Esta fase tem por objetivo levantar as principais informações do sistema proposto, obtendo uma macro visão de suas funcionalidades, conhecendo seus Atores e Casos de Uso principais. Informações como Contextualização, Enunciado do Problema, Enunciado da Solução Escolhida, Redução do Escopo da Pesquisa e Especificação de Requisitos representam apenas alguns dos artefatos gerados nesta fase, proporcionando uma visão dos principais objetivos do Protótipo de Sistema “DETECTAR”. (10, 7)

Durante esta fase, pôde-se observar a divisão do Protótipo do Sistema em três módulos distintos: Satélite de Comunicação, Aeronave, e Órgão de Controle.

O módulo Satélite de Comunicação teve por objetivo propiciar a transferência de informações entre os órgãos de controle e as aeronaves.

O módulo Aeronave foi composto pelas funcionalidades relacionadas com a determinação de sua localização e de sua comunicação.

O módulo Órgão de Controle foi responsável por detectar os conflitos e transferir informações para as aeronaves, com a finalidade de eliminá-los. Neste caso, o Órgão de Controle diz respeito ao Protótipo desenvolvido, que tem por objetivo, detectar os conflitos, e não resolvê-los. A tarefa de resolução de conflitos pertence aos controladores de tráfego aéreo.



**Figura 1 - Visão Geral dos Pacotes**

A Figura 1 apresenta o diagrama que contém todos os módulos descritos anteriormente, também chamados de pacotes, englobados numa estrutura que integrará todas as funcionalidades requisitadas, tendo ao centro o Caso de Uso que representa o Protótipo do Sistema “DETECTAR” para apoiar a Detecção de Conflitos de Tráfego Aéreo em Rotas.

Foi definido como principal objetivo desse Protótipo de Sistema proposto: a criação de uma estrutura que propicie o auxílio à detecção de conflitos de aeronaves localizadas em rota, permitindo que o tráfego, ao longo de um período, possa ser analisado, com antecedência, prevendo assim, possíveis congestionamentos, além de permitir aos controladores de tráfego aéreo um intervalo de tempo entre a detecção de um conflito e a ocorrência do mesmo, proporcionando melhores análises de soluções para eliminação do conflito detectado.

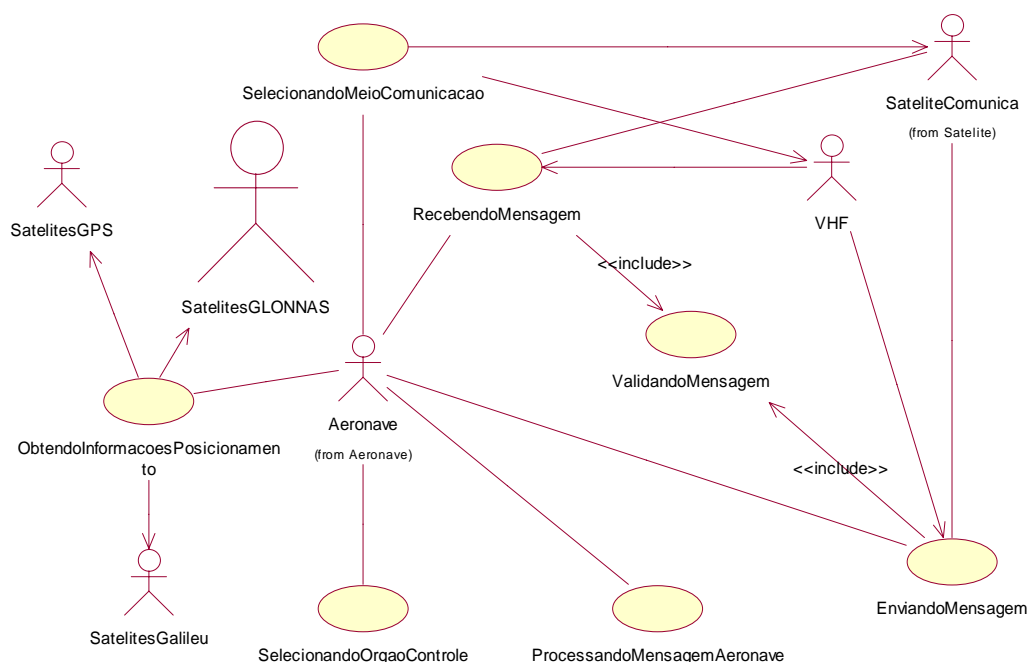
#### 4.1.2. Síntese da Fase de Elaboração

Nesta seção apresenta-se uma síntese da segunda fase da metodologia adotada – a Fase de Elaboração – para o desenvolvimento do Protótipo. Nela são descritos alguns exemplos dos principais diagramas gerados no ambiente Rational Rose apoiado através das disciplinas contidas na metodologia em uso.

Nesta fase são colhidas informações necessárias para permitir, ao desenvolvedor, um conhecimento sólido das funcionalidades do sistema a ser implementado na Fase de Construção.

A seguir, são apresentados os principais diagramas UML desenvolvidos com a ferramenta Rational Rose Enterprise Edition, contendo as principais funcionalidades do Protótipo desenvolvido. (10, 3)

As funcionalidades apresentadas nos diagramas originam-se de contatos realizados com profissionais da área de Controle de Tráfego Aéreo e informações obtidas a partir da Fase de Iniciação.



**Figura 2 - Diagrama de Caso de Uso ComunicacaoAeronave**

Na Figura 2, uma visão dos Casos de Uso do Diagrama ComunicacaoAeronave, é apresentada contendo as principais funcionalidades necessárias à comunicação entre a aeronave e o satélite de comunicação.

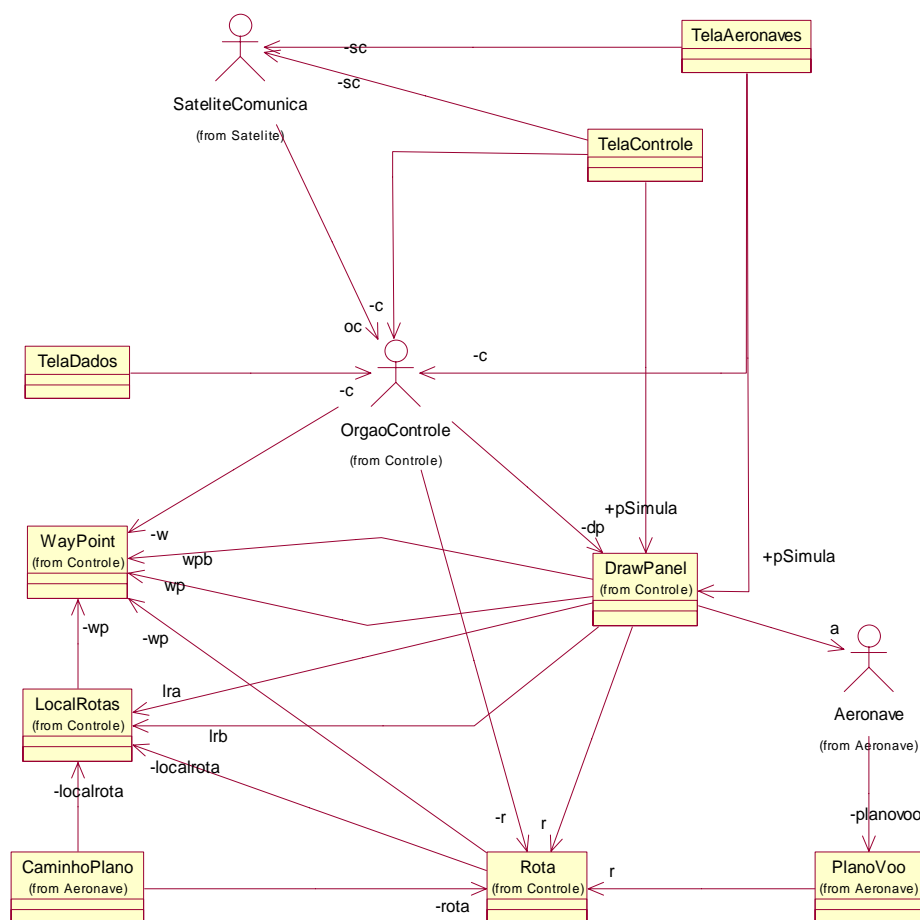
Por exemplo, o Caso de Uso SelecionandoMeioComunicacao, permite a troca do meio de

comunicação utilizado em um determinado instante, possibilitando o uso do Satélite de Comunicação ou VHF, de acordo com a situação encontrada por cada aeronave.

Durante o desenvolvimento de diversos Diagramas de Caso de Uso, nesta fase, destacam-se também os Diagramas de Atividades, Seqüência, Classes, Estados, além da Modelagem de Dados e do Dicionário de Dados, proporcionando-se assim uma vasta documentação utilizada para a Fase de Construção. (2,3)

A Figura 3 apresenta o Diagrama de Classes principal, obtido durante a Fase de Elaboração, contendo as classes de todos os pacotes (Aeronave, Satélite de Comunicação e Órgão de Controle), além de classes utilizadas para interface com o usuário, localizadas em um nível superior aos pacotes.

Por exemplo, as classes: TelaAeronaves, TelaControle e TelaDados encontram-se num nível de pacotes superior às outras, observando-se que, abaixo do nome de algumas delas mostradas na Figura 3, são indicados os pacotes de origem, tomando-se como exemplo a classe PlanoVoo, localizada dentro do pacote Aeronave.



**Figura 3 - Diagrama de Classes Principal**

#### 4.1.3. Síntese da Fase de Construção

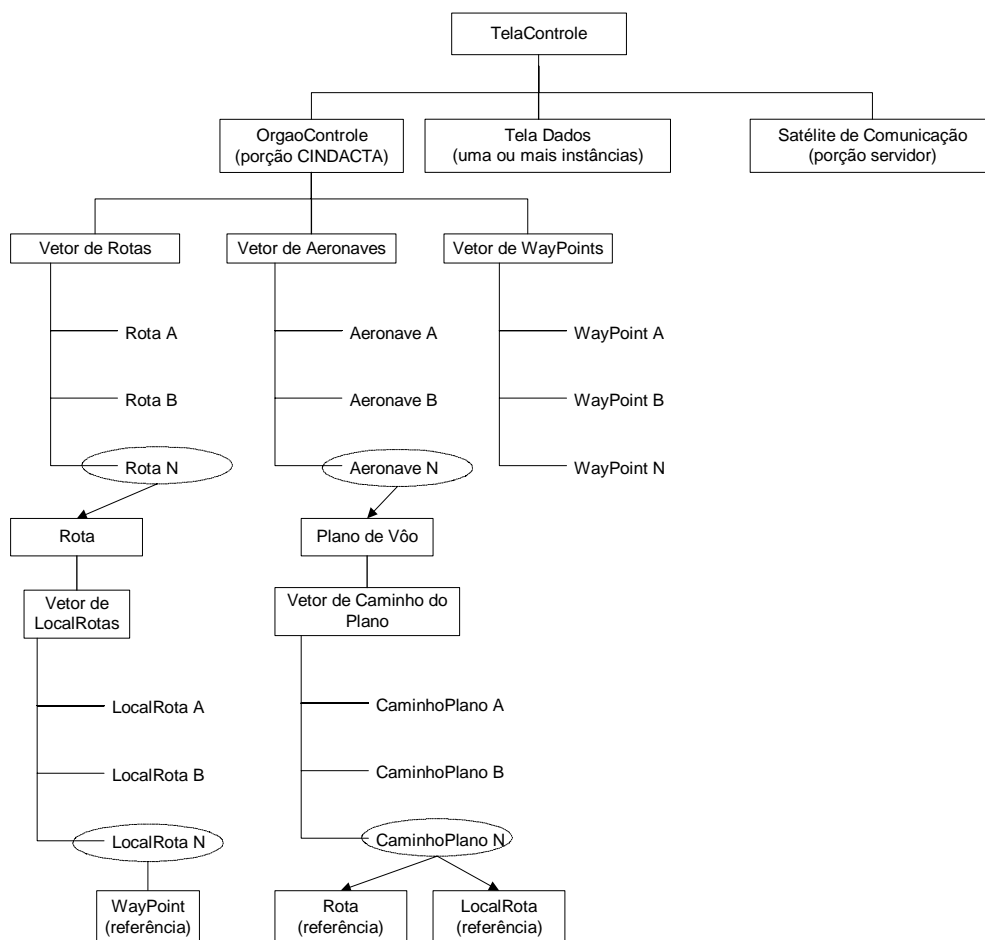
Nesta fase, descreve-se as principais técnicas apoiadas por ferramentas de modelagem de dados e usadas na implementação do Protótipo, os passos utilizados, a análise e os testes de cada funcionalidade envolvida, juntamente com a análise de otimização do consumo de memória.

Esta fase descreve, também, o estudo dos conflitos apresentados por profissionais da área de Controle de Tráfego Aéreo para o Protótipo proposto. (10)

O desenvolvimento do Banco de Dados foi apoiado na ferramenta RAD ERWin, que possibilitou inicialmente a geração de um script contendo instruções SQL, e a criação do Banco de Dados.(5)

Através desta ferramenta foi possível definir o tipo de SGBD utilizado, devido ao seu suporte a vários SGBDs em suas últimas versões, propiciando uma grande flexibilidade para o desenvolvedor. (5)

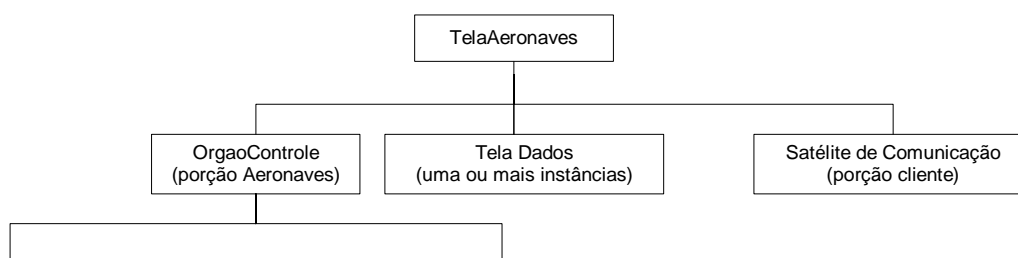
A Figura 4 apresenta a estrutura desenvolvida voltada para o módulo do Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo - CINDACTA, órgão responsável pelo controle do tráfego aéreo e detecção de conflitos no Brasil.



**Figura 4 - Estrutura de Dados - Órgão Controle**

A Figura 5 apresenta uma estrutura voltada à porção Aeronaves, cujo objetivo é fazer com que as aeronaves sigam sua rota.

Como a estrutura de dados do módulo Aeronaves não difere muito do módulo CINDACTA, a Figura 5 apresenta apenas as diferenças encontradas. Essas diferenças localizam-se no topo da estrutura; no item TelaAeronaves, anteriormente denominado TelaControle; no item OrgaoControle, que na Figura 4 encontrava-se voltado para a porção CINDACTA; e no Satélite de Comunicação, voltado para a porção cliente.



**Figura 5 - Estrutura de Dados - Aeronaves**

O desenvolvimento do código fonte foi totalmente baseado no diagrama de classes desenvolvido na ferramenta CASE Rational Rose, apoiado nos Requisitos, Diagramas de Caso de Uso, Seqüência e Atividades. (2,3)

Com o uso dessa ferramenta foi possível realizar a documentação de todas as classes e seus componentes, de maneira fácil e prática, além de permitir a Engenharia Direta (*Forward Engineering*) e a Engenharia Reversa (*Reverse Engineering*). (9)

Com a utilização da *Forward Engineering* foi possível gerar-se as classes separadas por pacotes, onde a ferramenta reproduz todas as assinaturas dos métodos, incluindo a descrição de cada item (classes, métodos e atributos), facilitando assim a programação e a documentação. (9)

O uso dessa ferramenta para modelar e gerar o código do Protótipo, destacou-se com a geração da documentação baseada nos modelos desenvolvidos. O auxílio da Ferramenta Rational SoDA for Word permitiu a criação de modelos (*templates*) associados ao tipo de necessidade do desenvolvedor, para apresentar as informações relacionadas à modelagem. (7,8)

#### **4.1.3.1. Síntese da Verificação e Validação**

O objetivo desta seção é apresentar alguns testes que englobem a verificação e a validação do Protótipo desenvolvido, baseados em sua principal funcionalidade – a detecção de conflitos.

A verificação, englobando uma série de atividades, que garantem que o software implementa corretamente uma função específica, foi realizada durante todo o processo de desenvolvimento, através de análises de requisitos junto a profissionais da área, ao passo que, os



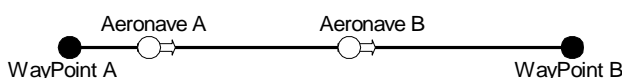
modelos, e conseqüentemente, o código-fonte foram desenvolvidos através da metodologia RUP, obtendo-se como resultado uma documentação clara das informações requeridas e proporcionadas pelo Protótipo proposto. (9)

A validação, refere-se a um conjunto de diferentes atividades que garantem que o software construído esta compatível com as exigências do cliente. Ela foi propiciada com a elaboração de um documento contendo as principais informações relacionadas aos conflitos, suas descrições, cenários de testes, além de métodos, diagramas e Casos de Uso relacionados. Sendo assim, proporcionou-se uma consolidação entre a documentação obtida através de requisitos e regras impostas por profissionais da área, e concluindo-se que as funcionalidades encontradas no produto final foram compatíveis com as requeridas. (9, 11)

Além dessa validação, seguindo regras documentacionais, foi realizada a apresentação do Protótipo “DETECTAR” e de sua documentação obtida para alguns profissionais de Controle de Tráfego Aéreo.

A seguir, apresenta-se a descrição de um dos conflitos detectados pelo Protótipo proposto, juntamente com os principais métodos e diagramas envolvidos, além de Cenários e Casos de Uso relacionados. Essas informações proporcionaram a verificação e validação do Protótipo.

#### 01 – Aeronaves com a mesma direção e mesmo nível



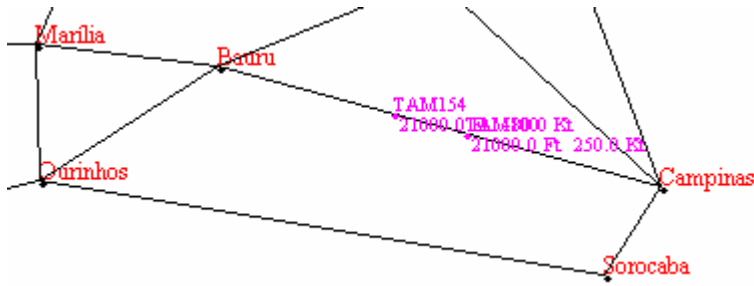
**Figura 6 - Conflito 01**

Este conflito ocorre quando duas aeronaves dirigem-se de um mesmo ponto de origem (waypoint) para o mesmo ponto de destino (waypoint), no mesmo nível, e infringem os limites longitudinais de segurança conforme mostrados abaixo:

- Se houver uma distância menor que 20 MN uma da outra, e a aeronave que estiver à frente não possuir uma velocidade superior a 20 Kt da que a segue; ou
- Se houver uma distância menor que 10 MN uma da outra e a aeronave que estiver à frente possuir uma velocidade superior ou igual a 20 Kt da que a segue.

#### Principais Métodos Envolvidos:

Classe	Métodos
OrgaoControle	exibirConflitoLongitudinal.

Aeronave	getvelocatual.
<p><b>Principais diagramas da UML envolvidos:</b></p> <p><i>Diagramas de Atividade:</i></p> <p>DetectandoPossiveisInfracoesEmNivel.</p>	
<p><b>Cenários:</b></p> <p><i>1º Cenário:</i></p> <p>Considerando-se a Aeronave TAM100 partindo de Bauru com destino a Campinas, e a Aeronave TAM154 partindo de Ourinhos, passando por Bauru com destino a Campinas. No trecho entre Bauru e Campinas a aeronave TAM154 encontra-se no mesmo nível que a aeronave TAM100 à sua frente. A aeronave TAM100 e TAM154 possuem respectivamente velocidades constantes de 250 Kt e 300 Kt. No ponto apresentado na Figura 7, ocorrerá um conflito longitudinal, pois, ao passo que a aeronave TAM100 possui uma velocidade inferior a TAM154, em um determinado ponto do trecho ambas irão apresentar um conflito ao infringirem o espaçamento longitudinal mínimo de 20 MN uma da outra, determinado quando a aeronave que está a frente não possuir uma velocidade que exceda em 20 Kt a velocidade da aeronave que a segue.</p>  <p><b>Figura 7 - 1º Cenário do Conflito 01</b></p> <p><b>1º mensagem apresentada:</b></p> <p>Possível conflito entre aeronaves TAM154 e TAM100</p> <p>Posição da aeronave TAM154: Latitude(22° 34.58542) Longitude(48° 21.596375) Altitude atual: 21000.0 pés</p> <p>Posição da aeronave TAM100: Latitude(22° 41.663704) Longitude(48° 1.4414978) Altitude atual: 21000.0 pés</p> <p>Distância entre TAM154 e TAM100: 19.903538 MN</p> <p><i>2º Cenário</i></p> <p>Aeronaves TAM100 e TAM154 partindo de Bauru com destino a Campinas. Após 80 segundos da aeronave TAM154 ter entrado em rota, surge a aeronave TAM100 na mesma rota e nível. A aeronave TAM100 e TAM154 possuem respectivamente velocidades constantes de 410 Kt e 440 Kt. Mesmo a aeronave TAM154 estando à frente com uma velocidade superior a aeronave</p>	

TAM100, ocorrerá um conflito longitudinal conforme apresentado na Figura 8, devido ao infringirem o espaçamento mínimo de 10 MN e a aeronave que está à frente possuir uma velocidade superior ou igual a 20 Kt da velocidade da aeronave que a segue.



**Figura 8 - 2º Cenário do Conflito 01**

#### **1º mensagem apresentada:**

Possível conflito entre aeronaves TAM154 e TAM100

Posição da aeronave TAM154: Latitude(22° 22.31781) Longitude(48° 56.526947) Altitude atual: 21000.0 pés

Posição da aeronave TAM100: Latitude(22° 19.001999) Longitude(49° 5.9685516) Altitude atual: 21000.0 pés

Distância entre TAM154 e TAM100: 9.341006 MN

**Caso de uso relacionado:** DetectandoPossiveisInfracoesEmNivel

#### **4.1.3.2. Desempenho do Protótipo do Sistema Proposto**

Para testar o desempenho do Protótipo de Sistema proposto, foi realizada uma divisão em duas classes de testes. A primeira relacionada à quantidade de aeronaves controladas simultaneamente pelo Protótipo, e a segunda, relacionada ao desempenho do Protótipo para simular o controle do tráfego aéreo em tempo rápido (*fast time*) durante 24 horas.

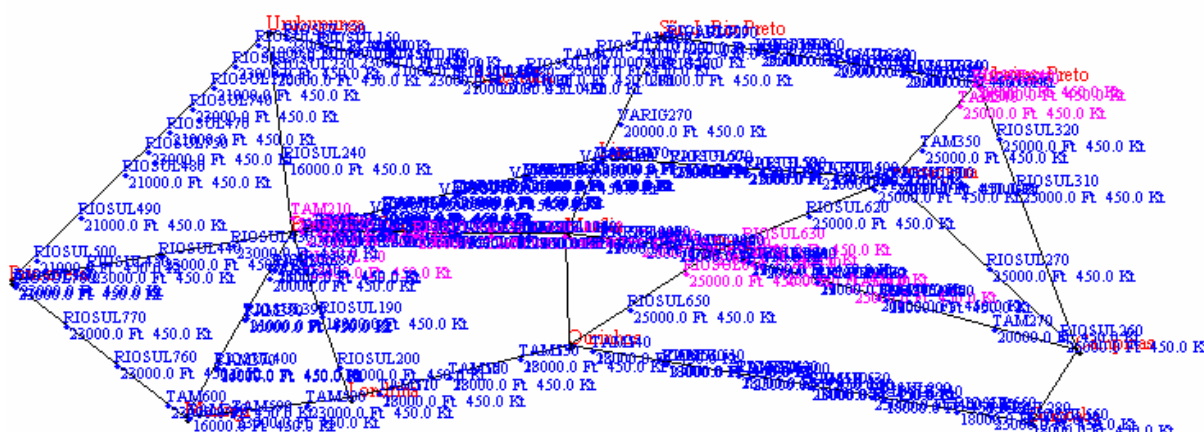
Com relação aos testes para determinar a quantidade máxima de aeronaves simultâneas suportadas pelo Protótipo, não foram considerados conflitos existentes durante a simulação, além de todas as aeronaves possuírem a mesma velocidade, variando-se somente o nível e a rota a ser seguida por cada uma.

O tempo total de voo foi de 45 minutos (do instante  $t_0$  das primeiras aeronaves a entrarem em rota até  $t_{45}$ , até a última aeronave sair da rota), considerando este intervalo de tempo como um horário de pico no cenário utilizado.

O tempo de processamento caiu drasticamente quando realizada a simulação em *fast time* no módulo Órgão de Controle (CINDACTA).

Para visualizar como o Protótipo se comportaria em relação à quantidade de aeronaves em voo, foram realizadas inclusões de grupos de 10 planos de voo.

Houve uma falha no processamento somente quando 180 aeronaves estavam voando simultaneamente, falha esta causada por estouro de memória. Mesmo assim, várias tentativas de simulação foram novamente realizadas, chegando-se à mesma falha.



Testes relacionados à simulação de vôos, durante um período de 24 horas, também foram realizados. Esses testes contendo a capacidade máxima de aeronaves determinada pelo teste anterior durante todo o período, permitiram uma análise mais clara do desempenho do Protótipo. (11)

Em relação à simulação de 24 horas, pôde-se observar o desempenho do Protótipo durante um intervalo de tempo significativo para a detecção e análise dos conflitos, possibilitando-se ao Órgão de Controle uma análise antecipada do tráfego, proporcionando-se assim um melhor gerenciamento tanto de pré como de pós-vôo. (11)

A quarta e última fase da metodologia adotada no desenvolvimento do Protótipo de Sistema proposto foi a Fase de Transição. Ela representa o processo de introdução do produto na

comunidade usuária, além de auxiliar na introdução de novos requisitos e correção de alguns problemas encontrados.

Um dos requisitos para esta fase foi o de obter um produto com maturidade suficiente para ser entregue ao usuário final. Tratando-se de um trabalho de pesquisa, entende-se como produto final, a documentação baseada nos requisitos propostos e a validação dos mesmos junto aos profissionais da área de controle de tráfego aéreo, obtendo-se assim a validação de que as funcionalidades agregadas ao Protótipo encontravam-se de acordo com a realidade.

Esta análise foi realizada através das documentações obtidas e do próprio Protótipo desenvolvido. (11)

## **4.2. PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES**

As principais contribuições deste trabalho de pesquisa foram: documental, modelagem, prototipação, simulação de conflitos de tráfego, adaptação, padronização de procedimentos e aumento da segurança em voo.

A contribuição documental caracterizou-se pela documentação gerada através das ferramentas CASE, apresentando diagramas com suas respectivas funcionalidades, muitas dessas obtidas através de reuniões com profissionais da área de Controle de Tráfego Aéreo.

A modelagem caracterizou-se pela utilização de padrões como a UML, que proporcionou a organização das informações de forma clara. A abstração dos dados teve papel importante na modelagem; através dela foram obtidas informações sobre os meios que interagem com o Protótipo proposto.

Através da prototipação, pôde-se obter um produto capaz de apresentar os conceitos obtidos durante a modelagem, permitindo a verificação e validação das funcionalidades definidas.

A simulação dos conflitos de tráfego permitiu a visualização dos diversos conflitos embutidos no Protótipo, permitindo validar os conflitos pré-estabelecidos durante o desenvolvimento do projeto.

Através da adaptação, procurou-se adaptar as novas tecnologias empregadas no CNS/ATM às já existentes.

Com a padronização de procedimentos, pôde-se obter padrões relacionados a alguns conflitos, seguindo regras baseadas na experiência de profissionais da área, regras que muitas vezes não são descritas detalhadamente em manuais de controle de tráfego aéreo.

Por fim, o aumento na segurança de voo, como por exemplo: proporcionar ao controlador a reestruturação de planos de voo que possam causar conflitos, esteja ou não a aeronave em voo, pois, com o processo de simulação em *fast time* é possível, em muitos casos, a detecção de um conflito

muito antes do mesmo ocorrer.

## 5. CONCLUSÕES

Este artigo descreveu os processos de desenvolvimento de um Protótipo de Sistema de Software baseado na detecção de conflitos em rotas aéreas, apoiado numa metodologia composta por técnicas de orientação a objetos e pelo uso de Ferramentas CASE, permitindo, através do Protótipo obtido, identificar conflitos pré-estabelecidos gerados durante o ciclo de vida da metodologia.

Foram apresentados os principais fatores e vantagens que envolvem a utilização da simulação do Protótipo de Sistema proposto e desenvolvido denominado “DETECTAR”.

O processo de desenvolvimento foi apresentado baseando-se nas fases da metodologia RUP de: Iniciação, Elaboração, Construção e Transição.

Pôde-se demonstrar a aplicação da metodologia num Protótipo capaz de realizar a detecção de conflitos de tráfego aéreo em rotas, juntamente com sua verificação e validação, de acordo com a documentação obtida e por meio de reuniões com alguns profissionais da área de Controle de Tráfego Aéreo.

Testes envolvendo a capacidade máxima de aeronaves suportadas pelo Protótipo foram realizados, onde pôde-se inserir um total de 170 aeronaves simultâneas num primeiro teste. Num segundo teste, utilizou-se a quantidade máxima de aeronaves obtida no teste anterior, com o objetivo de realizar a simulação por um período de 24 horas.

O Protótipo do Sistema “DETECTAR” desenvolvido demonstrou-se capacitado a operar com a quantidade imposta no primeiro teste, e pôde-se observar que a quantidade de memória utilizada na máquina para tal processamento apresentou-se como um fator limitante.

A autor acredita que, a segurança em voo aumentará, a partir da utilização de Simuladores como o “DETECTAR”, que proporcionem análises voltadas às diversas dificuldades apresentadas no dia a dia dos profissionais de controle de tráfego aéreo, como: análise para cadastro do plano de voo e controle de rota.

Através da utilização desses simuladores tornar-se-á possível prever situações críticas com grande antecedência, propiciando aos controladores a tranquilidade necessária para analisar qual a melhor solução para o conflito de fluxo de tráfego detectado.

O compartilhamento de informações entre os Órgãos de Controle exercerá papel fundamental no controle de tráfego aéreo futuro.

Na medida que forem implantados sistemas computadorizados apropriados, que utilizem

essas informações para analisar e solucionar problemas cotidianos, ocorrerão novas necessidades de análise, não somente de um Órgão de Controle, mas de vários, com o intuito de desviar tráfegos ou até mesmo trabalhar com comparações que interessem a esses órgãos.

## 6. REFERÊNCIAS

- (1) GALLOTTI, Vicent. P. **The Future Air Navigation System (FANS) - Communication Navigation Surveillance Air Traffic Management**. 1 ed. Cambridge: Avebury, 1997.
- (2) BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James; JACOBSON, Ivair. **The Unified Modeling Language – User Guide**. 4. ed. Massachusetts: Addison-Wesley, 1999.
- (3) RUMBAUGH, James; JACOBSON, Ivair; BOOCH, Grady. **The Unified Modeling Language – Reference Manual**. 1 ed. Massachusetts: Addison-Wesley, 1998.
- (4) PIDD, Michael. **Computer Simulation in Management Science**. 3 ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1994.
- (5) DATE, C.J. **Introdução a Sistemas de Banco de Dados**. 4 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- (6) BUDD, Timothy. **An Introduction to Object-Oriented Programming**. Massachusetts: Addison-Wesley, 1991.
- (7) RUMBAUGH, James. **Modelagem e Projetos Baseados em Objetos**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.
- (8) HONG, Shugyang; GEERT, V.D.G; BRINKKEMPER, Sjaak. **A Formal Approach to the Comparasion of Object-Oriented Analysis and Design Methodologies**. Proceedings of the 26<sup>th</sup> Hawaii International Conference on System Sciences, January, Vol IV, pp.689-698, 1993.
- (9) PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software**. 3 ed. São Paulo: Makron Books, 1995.
- (10) Rational Unified Process. **Rational Softwares**. Disponível em: <<http://www.rational.com/products/rup>>. Acesso em: 10 dez. 2002.
- (11) LOVATO, Agnaldo V. **Uma Estrutura para o Apoio a Detecção de Conflitos de Tráfego Aéreo em Rotas: DETECTAR**. Dissertação de Mestrado (Em andamento), São José dos Campos, ITA, 2003.